

技術科専攻学生のための材料研究

——木材単板と合板の曲げ強さ——

Materials Research for Students Major in Technology Education

——Bending Strength of Wood Veneer and Plywood——

池 際 博 行

Hiroyuki IKEGIWA

(和歌山大学)

2017年8月28日受理

Summary

The plywood is one of the famous wood-materials, it seems that students major in technology education do not so clearly understand the characteristics of it so they must study too much fields of technologies. The author wants to look into the importance of wood-materials for students engaged in technology education. To do this, the author manufactured the 3-ply laminated wood made of thin spruce veneers (thickness of 0.8 mm), and tried to understand them the mechanical superiority of laminated woods through the experimental bending tests of them.

The results of this experimental tests are summarized as follows:

- 1) By the lamination of thin veneers, we could get higher bending strengths than those of solid wood veneers.
- 2) Especially, LVL (plywood laminated veneers on parallel fiber direction) had highest bending strength in all plywood made at the experimental test.
- 3) To laminate thin solid veneers with adhesive materials, it changed to the composite material and it has higher bend elastic constant than that of original woods.

キーワード：単板積層、平行合板、直交合板、曲げ試験

1 はじめに

中学校学習指導要領技術分野¹⁾「材料と加工の技術」において、「(1)生活や社会を支える材料と加工の技術」の単元では、特性などを知る材料として木材を取り上げ、その特徴と加工法が学習される。しかし、現在では、加工材料としては木材のみならず様々な金属やプラスチック類がホームセンターで手に入る状況であり、また、木材関連の材料としても集成材や合板やパーティクルボード、繊維板など木材を原材料にして工場で生産される「木質材料」が工業製品として、ごく一般に市場に提供されるようになっており、児童生徒はスギやヒノキといった木材よりむしろ扱いやすい工作材料としてホームセンターでこれらの材料を手に入れることができるようになった。ところが、技術科においてはこれまでのように木材については基本的性質を理解させる授業が行われているものの、時間や学習すべき内容に配慮して、木質材料については、教科書には一部合板、集成材、パーティクルボード等の記載があるものの利点に関する具体的な理解をさせるまでには至っていない。

教育学部技術科専攻生に対しても、こうした木質材

料については実習では使用するものの、利点などを実験を通して理解させるところまで授業を行っていないこともあり、このことが技術科教員として中学校で授業を行う場合の課題になっているのではないかと考えられる。

そこで、本報告では、この分野ですで行われ、知見が出されている研究²⁾³⁾⁴⁾などを参考にして、簡易に木材単板を重ね合わせた合板を試作し、その曲げ強度を実験計測することから、合板が、素材の木材に比べてすぐれた性質をもつ木質材料となっているかどうかを理解させるための教育プログラムを提供する。

中学校技術科の「材料と加工」分野において、木材については生物生産による天然の繊維材料であり、繊維方向の強度は高いが、繊維に直角方向の強度は低いことを、板材の曲げを例にして理解させている。そして、この木材の繊維方向による異方性の欠点を補い、大面積の材料を得ることができる木質材料として合板が作られていることが説明される。

そこで具体的に、木材の薄板を張り合わせることによって、どの程度強度的に優れた材料が手に入るのかを理解させるプログラムを提供することが必要である。

そのために技術科専攻学生に向けた、簡単な単板積層接着による合板作成とその試験片の曲げ実験を行ったので報告する。

2 実験

2.1 試験片の作成

木材の繊維方向による効果を明らかにするため、今回の実験では、超仕上げかんな盤を使い、スプルース材から厚さ0.8mmの柾目単板をスライスし、これを積層するための単板とした(図1)。使用した木材の平均年輪幅は1.41mm、気乾比重0.48、平均含水率10.0%であった。



図1 単板積層に使用した薄板(スプルース)

実験では、この柾目単板の木目方向を互いに直交させた3プライの直交合板と、木目をそろえて積層した3プライの平行合板を、木工用ボンド(コニシ製 図2)と合成ゴム系スプレー式接着剤(3M製 図3)の2種類の接着剤を使い、常温で油圧プレスにより圧縮(約3時間)接着した。試験合板は単板を3枚重ねたものとし、表面の繊維方向は試験片の長軸方向に平行(Aタイプ)、直角(Bタイプ)の2種類とした。(図4参照)



図2 単板接着に用いた接着剤(木工ボンド)



図3 単板接着に用いた接着剤(スプレーのり)

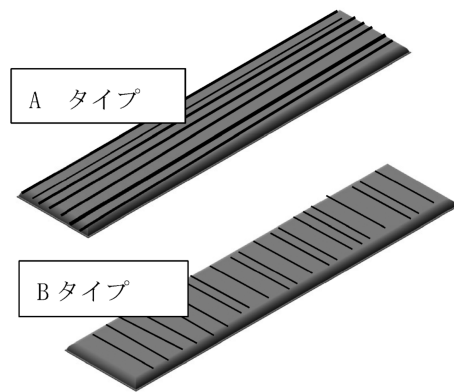


図4 積層板表面の木目方向

さらに、曲げ試験では、素材単板についても同様の繊維方向のもの(AタイプとBタイプ)を切り出して比較実験を行った。圧縮圧は1.96MPa(20kgf/cm²)とした。いずれもおよそ3時間の圧縮の後プレスから取り出し、繊維強化プラスチックの曲げ試験法(JIS K 7017-1999)に準じて所定の試験片形状に整形し、3点曲げ試験治具により曲げ試験を行った(図5)。



図5 3点曲げ試験用治具

曲げ試験に用いる試験片は、支点間距離64mmの試験治具により支持できるよう、鋭利なカッターにより幅15mm、長さ80mmに加工した。

2.2 曲げ試験による曲げ応力の算出式について (3点曲げ試験の場合)

両端支持されたはりの中央部に集中荷重がかけられた場合(図6)のはりに生じる曲げ応力は、

$$\text{曲げ応力 } \sigma = \frac{M}{Z}$$

となる。ここで、 M はモーメント(荷重×距離)、 Z は断面係数である。

I を慣性モーメント(矩形断面二次モーメント)とすると、

$$M = \frac{P L}{4}$$

$$Z = \frac{l}{e}$$

e ははりの中立軸から縁辺までの距離 $= \frac{h}{2}$

となり、

これから、曲げ応力は

$$\sigma = \frac{3PL}{2bh}$$

P : 荷重 (N)、 L : 支点間距離 (mm)、

b : 材料の幅 (mm)、 h : 材料の厚さ (mm)

と置き換えらえる。ここで、既知の測定値をこれに入れることにより曲げ応力が計算される。

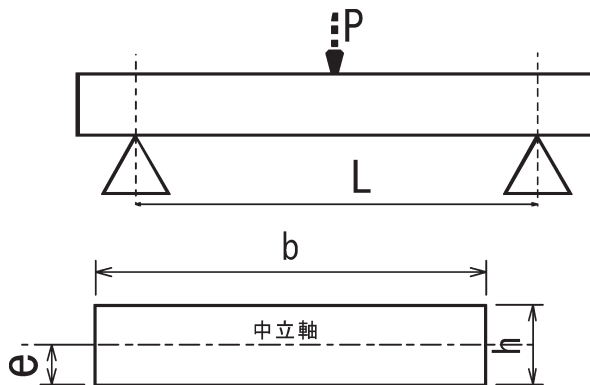


図6 両端支持はりの曲げ

2.3 曲げ弾性率の計算

曲げ荷重－たわみ曲線から曲げ弾性率を求めることができる (JIS K7074, ASTM D790⁵⁾⁶⁾。

$$\text{曲げ弾性率 } E = \frac{L^3}{4bh^3} \times \frac{\Delta P}{\Delta s}$$

ここで、 L 、 b 、 h は前出の値であり、 ΔP は荷重－たわみ曲線の直線部分の2点間の荷重変化量、 Δs は同じく荷重－たわみ曲線の直線部分のたわみの変化量である。

実験では、実験1で述べた積層方法に従って接着した150mm四方の積層板から、表面の繊維方向が試験片長軸に平行なもの、直角となるものを幅15mm、長さ80mmで切り出し、切り出した試験片の幅と厚さをノギスにより測定し、東京試験機製小型卓上試験機 (リトルセンスター: LSC-1/30-2、図7) により支点間距離 $L=64$ mm として各試験片の曲げ試験を行った。実験では、試験片各5枚の測定値からその平均と標準偏差を求めた。

なお、試験片への曲げ荷重は、ひずみ速度が0.01–0.02/min に収まるよう1mm/minのストロークでかけた。

3 結果と考察

3.1 単板積層による曲げ強さへの影響

図8に示したのが、全試料についての曲げ強さ比較である。(図には標準偏差を付加して示した。) 単板を積層することにより強度がいずれの方法でも増すことが

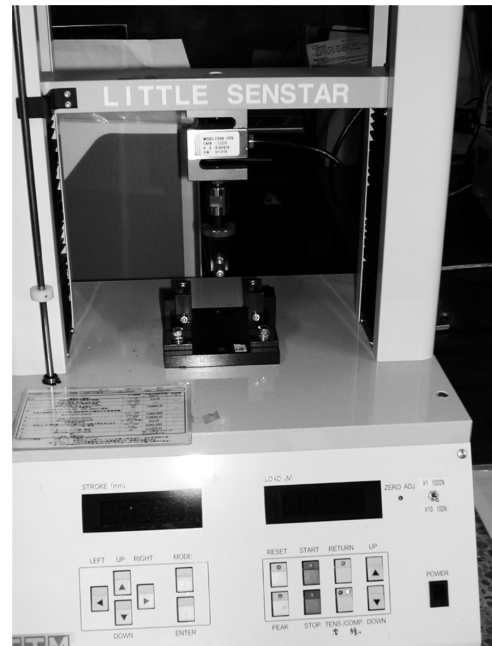


図7 東京試験機製小型卓上試験機

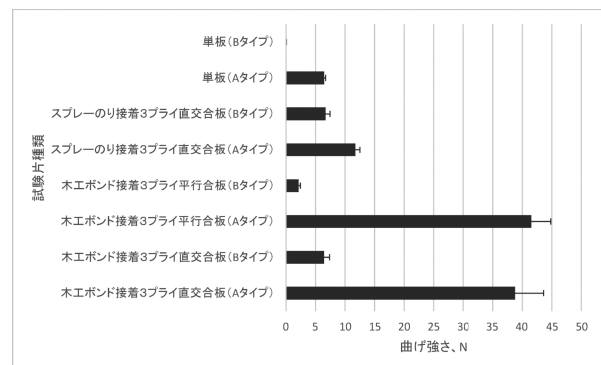


図8 実験に用いた単板および積層板の曲げ強さ (一は標準偏差を示す)

確認できる。しかも、曲げの力を繊維方向に受けた場合 (Aタイプ)、積層板の曲げ強度は高く、さらに同方向に3枚積層 (平行合板) したものは最大の曲げ強さを示した。また、表面が繊維方向に荷重を受ける (Aタイプ) 直交合板においても、これと同等に近い曲げ強度を示し、その値は、単板のおよそ6–7倍という結果が得られた。ある意味で当然のことであるが、薄い板も重ねることで強さが増すことを理解させることができる。

ただ、木材の積層には接着剤の種類や接着状態が及ぼす影響も考慮する必要がある。今回は、身近に手に入る2種類の接着剤で実験を行っているが、接着剤と木材との接着の良否、接着剤自身の性能などについては今後の試験において考慮すべき因子である。

図9-1から9-5には、3プライ平行合板 (Aタイプ)、3プライ平行合板 (Bタイプ)、3プライ直交合板 (Aタイプ)、3プライ直交合板 (Bタイプ) のそれぞれの代表的な積層板の荷重－変形曲線を、単板 (Aタイプ) の荷重－変形曲線と合わせて示した。これらの図か

ら明らかであるが、繊維方向に曲げ荷重がかかる場合に材料は強度が高く、同方向に積層したものは破壊に至るまでの耐性が、直交合板より高い。最終的に破壊に至るまで荷重を支える中芯の繊維方向が影響しているものと思われる。

また、Bタイプの試験片への曲げ荷重に対しては、直交合板の場合に、荷重耐性は平行合板に比べて高い値を示すが、これは中芯に繊維方向(Aタイプ)の単板が挟まっていることによる効果であると推測できる。また、荷重に対して両者ともほとんど破壊に至らず変形を続けた。

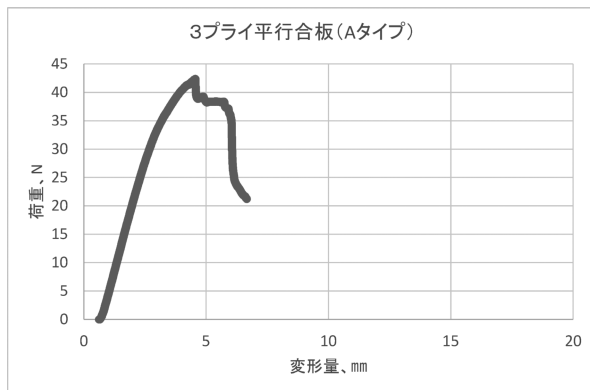


図9-1 代表的な3プライ平行合板(Aタイプ)の荷重-変形曲線

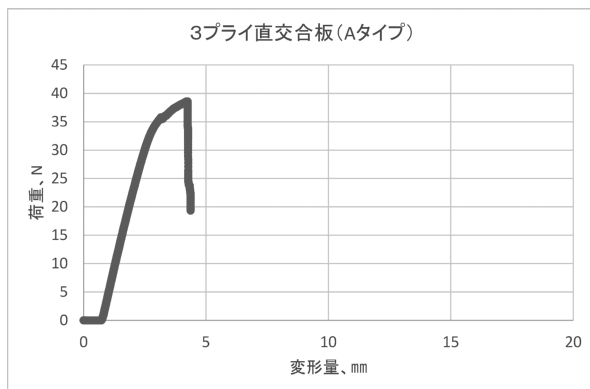


図9-2 代表的な3プライ直交合板(Aタイプ)の荷重-変形曲線

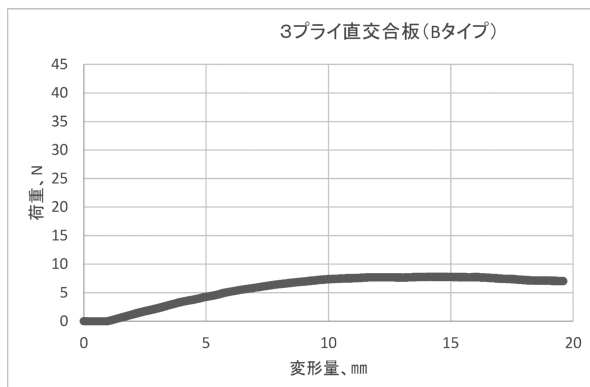


図9-3 代表的な3プライ直交合板(Bタイプ)の荷重-変形曲線

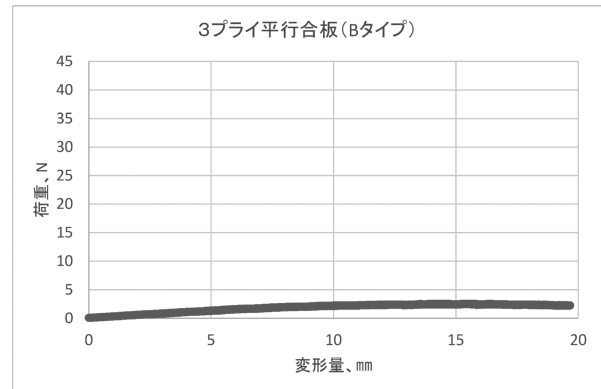


図9-4 代表的な3プライ平行合板(Bタイプ)の荷重-変形曲線

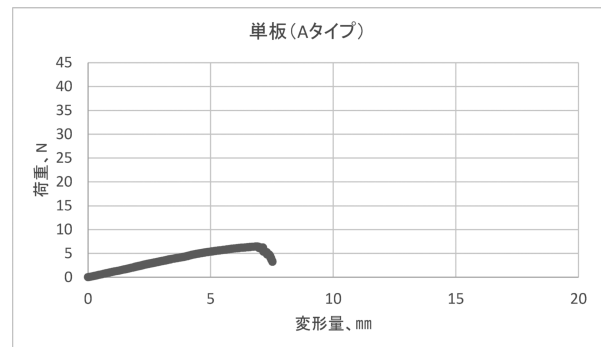


図9-5 代表的な単板(Aタイプ)の荷重-変形曲線

3.2 積層板の曲げ応力

図10に示したのが、曲げ応力試験の実測値から、実験2で示した計算式をつかって計算した各試料の曲げ応力値である。それぞれの値は、各5試料の平均値と標準偏差で示している。

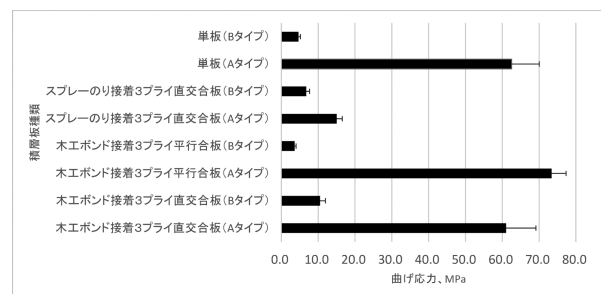


図10 単板および積層合板(3プライ)の曲げ応力値
(—は標準偏差を示す)

図から明らかなように、木材は長軸が繊維方向にある場合(Aタイプ)と、それと直角方向にある場合(Bタイプ)とではおよそ10倍を超える曲げ応力の差が認められることから、中学校「技術・家庭」教科書に示すように、木材は繊維方向の引張や曲げはそれと直角方向に比べてとりわけ強い、一軸強化型の材料であることが確認できる。

繊維方向による異方性をおぎなう意味で、繊維方向を互いに直交させた単板を奇数枚張り合わせたものが

合板であるが、木工ボンドにより接着された積層板の結果で見ると、試験片長軸が繊維方向になったもの(Aタイプ)では、単板の応力にはほぼ相当する曲げ応力が得られており、また、試験片長軸が繊維に直角方向のもの(Bタイプ)であっても、積層することにより、単板木材の2倍を超える曲げ応力を得ることができていることから合板の利点が理解できる。

3.3 曲げ弾性率比較

曲げ試験で得られた荷重-たわみ曲線を使い、その直線部分から実験3で示した計算式を用いて、単板、平行合板、直交合板のそれぞれの曲げ弾性率を求めた。結果は図11に示すとおりである。いずれも平均値と標準偏差を示した。これらから、積層板の曲げ弾性率は、平行合板がわずかに直交合板より高く、わずかであるが単板を上回る値を示した。これは、単板を接着層を介して積層することによる複合化の効果が、その曲げ弾性率の上昇に寄与しているのではないかと考えられるが、これについてはさらに接着剤の種類等を変えた実験をするなどにより検討する必要がある。

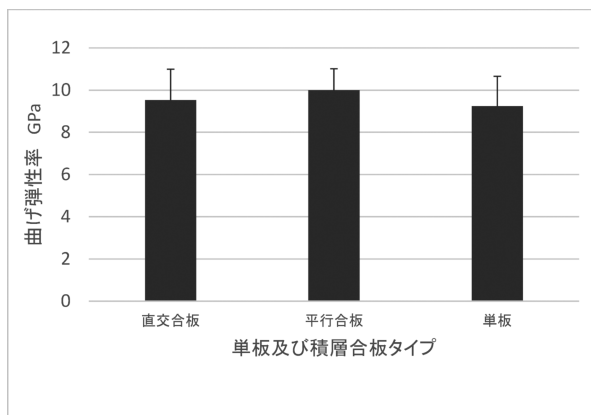


図11 荷重-変形曲線より求めた単板および積層板(いずれもAタイプ)での曲げ弾性係数
(Tは標準偏差を示す)

4. 結論

木材薄板を使い合板を作成し、その曲げ試験から木質材料としての合板の特徴を確認し、素材としての木材の特徴に加え、広く市販されている木質材料にたいして技術科教員として視点を開き、中学校技術科「材料と加工」分野での授業への支援をする研究の結果以下のことが確認できた。

1. 木材薄板を積層することで、素材を超える曲げ強度を得る材料とすることができる。
2. 木材の繊維方向の曲げ強度は素材において高いが、さらに積層することでその性能を強化できる。とりわけ、繊維をそろえて積層した平行合板(LVLといわれる)ものはその性能が高い。
3. 曲げにおいて単板を積層した合板は、素材に比べて塑性域で破壊までの耐性が高い。
4. 曲げ弾性率は、単板を積層することで接着剤による複合化の効果がみられる。

参考文献

- 1) 文部科学省：中学校学習指導要領解説 技術・家庭編、p12、pp25-27、平成29年6月
- 2) 綿貫幸宏、上田恒司、奥山裕美：木質平面材料の弾性定数に関する研究(第2報)：北海道大学農学部演習林報告、第29巻第2号、pp335-359(1972)
- 3) 浅野猪久夫、都築一雄：合板の強度的異方性について、材料、12(121)、pp761-768(1963)
- 4) 上田恒司：素材と合板の弾性定数、材料、20(218)、pp1181-1187(1971)
- 5) 日本工業規格JIS K7074-1988炭素繊維強化プラスチックの曲げ試験方法：
<http://kikakurui.com/k7/K7074-1988-01.html>
- 6) 福田博：高分子基複合材の強度試験法III-曲げ試験法一、日本複合材料学会誌、24(3)、pp77-81(1998)

